

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para "**MÉTODO E DISPOSITIVO PARA CENTRAGEM AERODINÂMICA DE CAUDA MÓVEL EM UMA AERONAVE**".

5 A invenção se refere a um método e a um dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel em uma aeronave.

A partir do documento US-A-4 127 248 é conhecido um método de ativar uma transmissão de ajuste para ajustar um elevador e uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel.

10 Em aeronave civil de passageiros e de transporte, o equilíbrio do momento de arfagem, isto é, os momentos que atuam sobre o eixo transversal os quais realizam um movimento de arfagem da aeronave, são normalmente compensados pela centragem aerodinâmica de cauda móvel. Com essa finalidade, uma cauda móvel que pode ser guarnecida é provida a qual pode ser ajustada através de certa faixa de centragem aerodinâmica independentemente do elevador.

15 Na centragem aerodinâmica automática permanente, a compensação para os momentos de arfagem é efetuada por um movimento combinado de elevador e cauda móvel. Nesse caso, o movimento do elevador que é normalmente regulado por um dispositivo de acionamento na forma de um acionamento de acionador em uma elevada velocidade de regulagem é antecipado em relação ao movimento da cauda móvel que é regulado por intermédio de um acionamento de eixo em velocidade inferior. Velocidades de regulagem típicas são de aproximadamente 35°/s a 40°/s para o elevador e velocidade de regulagem de aproximadamente 0,5°/s a 2,0°/s para a cauda móvel. Se ocorrer uma perturbação no equilíbrio de momento de arfagem ou se for ordenada uma mudança na orientação de trajetória vertical, o elevador de funcionamento rápido inicialmente assume a produção das forças aerodinâmicas adicionais exigidas para esse propósito. A cauda móvel de funcionamento mais lento funciona em um movimento orientado de forma equidirecional atrás do elevador, pelo que a geração das forças aerodinâmicas adicionais para a manobra de voo ou a centragem aerodinâmica for deslocada de forma crescente a partir do elevador para a cauda móvel, adicio-

nalmente a cauda móvel acompanha o elevador. Quando a eficiência global exigida das forças for obtida, o elevador para e então se desloca em um movimento orientado opostamente à cauda móvel se deslocando atrás do mesmo. O componente de força do elevador diminui ainda mais e aquele da cauda móvel aumenta ainda mais.

Nesse caso, duas superfícies de regulação são assim controladas de tal modo que elas se deslocam em direção uma à outra até que suas cordas (linhas centrais componentes) formem uma linha reta. A posição do elevador (em relação à cauda móvel) outra vez retornou a 0° e a força dinâmica adicional é agora gerada substancialmente pela cauda móvel. A posição da cauda móvel agora é diferente daquela posição anterior.

Turbulência secundária ou rajadas de vento são compensadas mediante uma função de centragem aerodinâmica automática. Consequentemente o elevador e a cauda móvel se deslocam permanentemente para frente e para trás com pequenas deflexões. As deflexões de ajuste pequeno são similarmente feitas para pequenas mudanças na trajetória de voo ou até mesmo para as grandes mudanças se elas prosseguirem adequadamente de forma lenta. Os movimentos permanentes para frente e para trás levam a desgaste em uma posição específica do dispositivo de ajuste de cauda móvel, isto é, tipicamente o eixo de centragem aerodinâmica, e também nas outras partes móveis.

De acordo com a fase de voo, o posicionamento absoluto da cauda móvel depende substancialmente da posição do centro de gravidade (estado de carga, consumo de combustível), a posição de flape efetiva (para produzir elevada capacidade alar durante decolagem e aterrissagem) e o momento de propulsão dos motores (força mecânica do motor vezes propulsão do motor). Durante marcha em cruzeiro que é normalmente a fase de voo mais longa, a posição da cauda móvel se desloca em uma faixa relativamente estreita de ajuste por intervalos de tempo mais longos. Como essa faixa está situada na mesma posição no eixo de centragem aerodinâmica na maioria das missões de voo, maior desgaste deve ser esperado nesse lugar.

O objetivo da invenção é o de prover um método e um dispositi-

vo de controle para centragem aerodinâmica de cauda móvel que pode ser adaptado de forma flexível às exigências da situação de voo e/ou outros sistemas de aeronave. Adicionalmente o objetivo da invenção é o de prover um método e um dispositivo de controle para centragem aerodinâmica de cauda móvel através do qual o desgaste no acionamento da cauda móvel é minimizado.

Esse objetivo é alcançado por intermédio dos aspectos das reivindicações dependentes. Modalidades adicionais e desenvolvimentos adicionais são especificados nas reivindicações dependentes que se referem aos mesmos.

O termo "centragem aerodinâmica de cauda móvel" deve ser entendido aqui de forma geral de modo que se refira igualmente aos movimentos da cauda móvel para corrigir perturbação do equilíbrio de momento de arfagem e aos movimentos da cauda móvel para modificar a orientação de trajetória vertical.

O ângulo de ajuste da cauda móvel ou do elevador é geralmente entendido como o ângulo em relação a uma linha de referência comum, por exemplo, o eixo longitudinal da aeronave ou o plano de referência.

Uma vantagem do método de acordo com a invenção e do dispositivo de acordo com a invenção é que o total de todas as etapas de movimento seguidas para uma sequência de movimento específico e, portanto, o desgaste é menor do que na centragem aerodinâmica de cauda móvel convencional.

De acordo com a invenção, um método para acionar um acionamento de ajuste para ajustar um elevador e um acionamento de ajuste para ajustar uma cauda móvel é provido com as etapas:

gerar um comando de elevador para acionar o acionamento de ajuste do elevador;

calcular um comando de cauda móvel para acionar o acionamento de ajuste de cauda móvel de tal maneira que a cauda móvel é orientada para a entrada de sinal de elevador calculada;

dependendo dos estados de ajuste do elevador e/ou da cauda

móvel ou dos estados de voo, manter o estado de ajuste do acionamento de ajuste de cauda móvel ou acionar o acionamento de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel para mudar o estado de ajuste da cauda móvel,

5 durante acionamento da transmissão de ajuste de elevador com um comando de elevador para mudar o estado de ajuste do elevador e no evento de um desvio a partir do comando de cauda móvel calculado e o comando de cauda móvel comandado, atuar sobre o comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel, para obter eficácia aerodinâmica neutra.

10 Em uma modalidade adicional, a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou o acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel é feito dependendo dos estados de ajuste do elevador com base em uma faixa para o comando de cauda móvel, os limites da qual são relacionados aos estados de ajuste do elevador. Os limites da faixa para o comando de cauda móvel podem ser feitos ou calculados dependendo do comando de cauda móvel calculado.

15 Em uma modalidade adicional, os limites da faixa para o comando de cauda móvel são formados a partir de um primeiro valor limite e de um segundo valor limite,

20 em que em um intervalo de tempo, um acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel para mudar o estado de ajuste da cauda móvel é feito apenas quando a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado e o comando de cauda móvel comandado relevante para esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel exceder um primeiro valor limite, e

25 em que a transmissão de ajuste de cauda móvel é ativada com um comando de cauda móvel de tal modo que o estado de ajuste da cauda móvel não muda se um valor derivado a partir do comando de cauda móvel calculado e/ou o comando de cauda móvel comandado relevante a esse in-

tervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel estiver abaixo do segundo valor limite.

O primeiro e/ou segundo valor limite pode ser um valor constante que corresponde a um ângulo de diferença. Adicionalmente, o primeiro e/ou o segundo valor limite é um valor derivado das variáveis de status de voo e/ou o estado de ajuste do elevador ocorrendo no intervalo de tempo e/ou o estado de ajuste da cauda móvel.

Nessas modalidades, a transmissão de ajuste de cauda móvel pode ser acionada com um comando de cauda móvel de tal modo que o estado de ajuste da cauda móvel não muda se a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado e o comando de cauda móvel comandado pertinente a esse intervalo de tempo ou a um estado de ajuste efetivo da cauda móvel estiver abaixo do segundo valor limite.

Em uma modalidade adicional da invenção, o valor comparado com o segundo valor limite é uma distância entre a posição de ajuste da cauda móvel e a posição de ajuste instantânea da cauda móvel ou um valor derivado dessa distância de tal modo que o segundo valor limite está abaixo quando a cauda móvel cai abaixo de uma distância angular para a cauda móvel. Alternativamente, o valor comparado com o segundo valor limite é a velocidade de regulagem da cauda móvel e/ou do elevador ou um valor derivado a partir disso de modo que o valor limite caiu abaixo quando a cauda móvel cai abaixo de uma velocidade de regulagem predeterminada.

Particularmente, de acordo com o método da invenção para acionar uma cauda móvel e um elevador de uma aeronave em resposta a um comando de cauda móvel, a cauda móvel é acionada em etapas e enquanto mudando os componentes de movimento de frequência superior no comando de cauda móvel para o elevador, um pré-comando dos componentes de comando de cauda móvel, não comandados, é efetuado por intermédio do elevador. Pode ser provido no sentido de que o comando de cauda móvel seja comparado com um valor limite predefinido e seja apenas emitido para a cauda móvel como um comando de cauda móvel efetivo se ele exceder o valor limite, e se ele estiver abaixo de um valor limite predeterminado, um

comando de elevador para compensar o deslocamento DiH de diferença = $IHC1 - IHCMD$, de uma ação de elevador correspondendo a ele é emitido para o mesmo por intermédio de um pré-controle. Nessa modalidade, particularmente em uma aeronave tendo um elevador com uma elevada velocidade de regulagem e uma cauda móvel com uma baixa velocidade de regulagem, pode ser adicionalmente provido que no sentido de que seja gerado um comando de elevador para acionar o elevador, e um comando de cauda móvel para acionar a cauda móvel, em que o comando de cauda móvel é calculado a partir do sinal de elevador e é emitido para a cauda móvel lentamente em deslocamento e o efeito global do elevador e da cauda móvel corresponde ao sinal de elevador e durante um tempo de ajuste dado pela velocidade de regulagem da cauda móvel lentamente em deslocamento, o elevador e a cauda móvel são colocados em uma posição final, combinados um com o outro, em que o comando de cauda móvel calculado é comparado com um valor limite predefinido e é apenas emitido para a cauda móvel como um comando de cauda móvel efetivo se ele exceder o valor limite e se ele estiver abaixo do valor limite predefinido, um comando de elevador para compensar a diferença, deslocamento DiH de diferença = $IHC1 - IHCMD$, de uma ação de elevador correspondendo a ele é emitido para o mesmo por intermédio de um pré-controle. A comparação do comando de elevador calculado com o valor limite pode ser feita em particular por intermédio de uma função de escalonamento ou histérese predefinida.

Nas modalidades exemplares anteriormente mencionadas pode ser provido que se um comando de cauda móvel não for emitido, um pré-comando é emitido para o elevador o qual gera uma deflexão do elevador que corresponde em sua ação à ação da deflexão de cauda móvel não-comandada. Nesse caso, o pré-comando para o elevador pode ser gerado mediante formação da diferença entre o comando de cauda móvel calculado e o comando de cauda móvel efetivamente emitido para a cauda móvel e ponderando essa diferença com uma quantidade representando a relação das eficiências de superfície de ajuste da cauda móvel para elevador. A relação das eficiências de superfície de ajuste pode ser calculada em particu-

lar considerando-se um ou mais dos seguintes parâmetros: velocidade de voo, posição absoluta de cauda móvel, posição do flape do sistema de elevada capacidade alar da aeronave, posição de arfagem da aeronave.

Na modalidade anteriormente mencionada do método de acordo com a invenção, pode ser provido que, começando a partir de um valor inicial correspondendo à posição de cauda móvel instantânea, o comando de cauda móvel calculado IHC1 é comparado com o valor limite predefinido, de modo que se o valor limite for excedido, a comparação do comando de cauda móvel com o valor limite é desativada e a cauda móvel é ajustada em resposta ao comando de cauda móvel de saída IHCMD na direção de uma posição final correspondendo ao comando de cauda móvel calculado e que a comparação do comando de cauda móvel IHC1 e o valor limite predefinido é ativada outra vez começando a partir de um valor inicial então correspondendo à posição de cauda móvel instantânea se essa posição de cauda móvel instantânea estiver se aproximando da posição final calculada, ao menos à parte de uma dimensão predefinida. Nesse caso, pode ser provido para que a comparação do comando de cauda móvel IHC1 com o valor limite seja ativada outra vez quando a taxa de ajuste de acionamento de cauda móvel tiver caído abaixo de uma fração predefinida da taxa de ajuste máxima.

O método pode ser configurado particularmente de tal modo que o elevador e a cauda móvel são ajustados de tal modo que a posição mútua dos mesmos realiza um arqueamento do perfil global produzido pela cauda móvel e pelo elevador, causando uma força ascensional/descendente no sentido do sinal de elevador fornecido.

De acordo com a invenção, também é provido um dispositivo para acionar a cauda móvel em uma aeronave ou um dispositivo de controle para acionar uma transmissão de ajuste para ajustar um elevador e uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel com base em um controle de elevador variável para realizar o método de acordo com a invenção. Esse dispositivo é funcionalmente configurado de tal modo que isso aciona a cauda móvel de uma maneira escalonada em resposta ao comando de cauda móvel IHC1 e enquanto deslocando os componentes de movimento de

frequência superior no comando de cauda móvel para o elevador, provê um pré-comando de componentes de comando de cauda móvel não-comandados por intermédio do elevador. Além disso, módulos de função para realizar modalidades exemplares do método de acordo com a invenção são implementados no dispositivo.

O método e o dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel de acordo com a invenção podem ser usados independentemente do tipo de transmissões.

Modalidades exemplares do método e dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel de acordo com a invenção são descritas em seguida com referência às figuras anexas, as quais mostram:

A Figura 1 é um diagrama de blocos para ilustrar o método para centragem aerodinâmica de cauda móvel em uma aeronave de acordo com uma modalidade exemplar da invenção;

A Figura 2 é um diagrama de circuito esquemático para ilustrar um dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel em uma aeronave de acordo com uma modalidade exemplar da invenção;

A Figura 3 é uma vista ampliada de um componente do dispositivo mostrado na Figura 2 o qual é provido para calcular a relação das eficiências de superfície de ajuste da cauda móvel e do elevador de acordo com uma modalidade exemplar da invenção;

A Figura 4 é um diagrama esquemático no formato de escada que mostra a geração de um comando de cauda móvel no formato de escadas que serve para acionar a cauda móvel, dependendo de um comando de cauda móvel introduzido de acordo com uma modalidade exemplar especial da invenção, onde uma curva de referência com uma função escalonada tendo degraus menores, gerados por histérese mecânica na centragem de aerodinâmica de cauda móvel convencional é mostrada para ilustrar o modo de ação da invenção;

A Figura 5 é um diagrama mostrando um número de sinais que aparecem em diferentes posições na modalidade exemplar do dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel de acordo com a invenção

mostrada na Figura 2;

As Figuras 6 a 8 e 9 a 11 são individualmente três diagramas mostrando o comportamento temporal das posições e forças ocorrendo na cauda móvel durante uma centragem aerodinâmica de cauda móvel tendo uma histérese de $0,54^\circ$ de acordo com uma primeira modalidade exemplar ou tendo uma histérese de $0,9^\circ$ de acordo com uma segunda modalidade exemplar da invenção, em cada caso de uma forma exemplar para o exemplo de um voo real para decolagem, para a missão inteira ou marcha em cruzeiro e aterrissagem.

A Figura 1 mostra uma modalidade exemplar do método para centragem aerodinâmica de cauda móvel de acordo com a invenção na forma de um diagrama de blocos. O numeral de referência 10 denota uma entrada para um sinal de elevador DQC1 fornecido externamente ou por um sistema de aeronave que é fornecido para compensar o equilíbrio de momento de arfagem da aeronave por intermédio de uma centragem aerodinâmica automática permanente (autocentrage aerodinâmica) ou para mudar a orientação de trajetória vertical mediante entrada de piloto ou de um piloto automático. Esse sinal de elevador DQC1 é primeiramente fornecido diretamente ao elevador 12, mais precisamente seu dispositivo de acionamento ou ajuste, em segundo lugar o sinal de elevador DQC1 é alimentado a um módulo 21 no qual um cálculo de comando de cauda móvel é realizado, o sinal de saída ICH1 gerado pelo módulo 21 para o cálculo de comando de cauda móvel é fornecido a um módulo 22 o qual gera o IHCMD de cauda móvel como um sinal de saída, o qual é fornecido à cauda móvel 23, mais precisamente seu dispositivo de ajuste ou acionamento.

A esse respeito, o termo cauda móvel 23 ou estabilizador horizontal é entendido como uma asa ou uma asa principal do conjunto de elevador ou uma parte do mesmo e o termo leme ou elevador 12 é entendido como um flape de ajuste articulado no mesmo. Nessa modalidade exemplar, a cauda móvel se estende em ambos os lados do eixo longitudinal da aeronave. Particularmente, as partes da cauda móvel se estendendo nos lados do eixo longitudinal da aeronave podem ser interconectadas rigidamente

entre si.

As transmissões de ajuste do elevador e da cauda móvel e/ou o acionamento dos mesmos podem ser particularmente providos de tal modo que a velocidade de regulagem do elevador 12, tipicamente de aproximada-
5 mente 35°/s a 40°/s é substancialmente superior do que a velocidade de regulagem da cauda móvel 23 a qual é, por exemplo, de 0,5°/s a 2,0°/s de modo que o movimento do elevador 12 é realizado antecipadamente em relação ao movimento da cauda móvel 23. Se ocorrer uma perturbação no equilíbrio de momento de arfagem ou se for ordenada uma mudança na orientação de trajetória vertical o elevador de deslocamento rápido 12 pode inicialmente assumir a produção das forças aerodinâmicas adicionais exigidas e a cauda móvel de deslocamento mais lento 23 se desloca atrás do elevador 12 com sua própria velocidade em um movimento uniformemente dirigido. Nesse caso, a geração das forças aerodinâmicas adicionais para a manobra de
10 voo é deslocada de forma crescente a partir do elevador 12 para a cauda móvel 23, quanto mais a cauda móvel 23 acompanhar o elevador 12, e ao mesmo tempo, como resultado da posição de centragem aerodinâmica da aeronave mudando no sentido desejado, o sinal de elevador DQC1 externamente fornecido diminui. Quando a eficiência global exigida das forças do
15 elevador 12 e da cauda móvel 23 for obtida, o elevador 12 para e então se desloca em um movimento opostamente dirigido para a cauda móvel se deslocando mais lentamente atrás.

O dispositivo de controle de acordo com a invenção para acionar uma transmissão de ajuste para ajustar o elevador 12 e a transmissão de
25 ajuste para ajustar a cauda móvel 23 utiliza uma variável de controle de elevador que é variada em certas fases de controle de modo que a variável de controle de elevador usada em uma primeira etapa é projetada como uma primeira variável de controle de elevador. O sinal de elevador DQC1 é fornecido ao dispositivo de controle por intermédio da entrada de sinal de elevador 10 do dispositivo de controle ou é gerado no próprio dispositivo de controle. Se a aeronave na qual o dispositivo de acordo com a invenção é usado
30 compreende uma aeronave com um piloto automático, o sinal de elevador

DQC1 é um sinal de comando gerado pelo piloto automático o qual é relacionado aos sinais de comando para outros flaps de ajuste e o qual é gerado com base nas entradas a partir de sensores tal como os sensores de dados de ar, sensores de dados inerciais ou os sensores para determinar estados de ajuste dos flaps. O dispositivo de controle compreende:

- 5 um módulo de cálculo de comando de cauda móvel 21 tendo uma função para calcular um comando de cauda móvel IHC1 para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel de tal maneira que a cauda móvel 23 é orientada para a posição do elevador 12;
- 10 um módulo de saída de comando de cauda móvel 22 conectado ao módulo de cálculo de comando de cauda móvel 21 para transmitir os comandos de cauda móvel, calculados IHC1, o qual é conectado a uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel 23 e o qual tem uma função a qual, dependendo dos estados de ajuste calculados do elevador 12 e/ou
- 15 da cauda móvel 23 ou estados de voo, aciona a transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel 23 para manter o estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel com um IHCMD de cauda móvel para mudar o estado de ajuste da cauda móvel 23,
- 20 um módulo de pré-comando de elevador V conectado ao módulo de saída de comando de cauda móvel 22, tendo um módulo de determinação de variável de pré-comando 30 para gerar uma variável de pré-comando de elevador e um módulo de ação 11 para atuar sobre a primeira variável de controle de elevador com a variável de pré-comando de elevador para formar um DQCMD de comando de elevador para acionar a transmissão de
- 25 ajuste de elevador.

O módulo de saída de comando de cauda móvel 22 tem uma função 32 para formar um desvio entre o comando de cauda móvel IHC1 calculado pelo módulo de cálculo de comando de cauda móvel 21 e o comando de cauda móvel IHCMD emitido para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel para acionar a transmissão de cauda móvel. O módulo de

30 determinação de variável de pré-comando 30 é configurado de tal maneira

que ele recebe os valores de desvio e determina a partir dos mesmos a variável de pré-comando de elevador DDQ.

De acordo com a invenção, um comando de cauda móvel IHC1 para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel é calculado com base em um comando de elevador para acionar a transmissão de ajuste de elevador no módulo 21, de tal maneira que a cauda móvel 23 é orientada para a posição do elevador 12 e dependendo dos estados de ajuste do elevador 12 e/ou da cauda móvel e/ou dos estados de voo e/ou dos valores enviados por outro sistema da aeronave como o sistema de controle de voo, o estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel IHCMD para mudar o estado de ajuste da cauda móvel 23 é mantido. O estado de ajuste da cauda móvel 23 pode ser mantido mediante transmissão de um sinal de comando constante a partir do módulo 22 para a transmissão de ajuste da cauda móvel 23.

Como um resultado da ausência de um movimento de ajuste correspondente da cauda móvel 23, de acordo com a invenção, uma ação do comando de elevador é efetuada para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel que é assim provido com um comando de elevador para mudar o estado de ajuste do elevador 12 durante acionamento da transmissão de ajuste de elevador e no caso de um desvio do comando de cauda móvel calculado IHC1 e IHCMD de cauda móvel comandado.

A retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel dependendo dos estados de ajuste do elevador e/ou da cauda móvel ou estados de voo podem ser efetuados particularmente com base em uma faixa predeterminada ou determinada, isto é, portanto variável, para o comando de cauda móvel, cujos limites são relacionados aos estados de ajuste do elevador 12. Por exemplo, pode ser provido que em várias regiões de estados de ajuste do elevador 12, um comando, ou orientação, da cauda móvel 23 seja omitido. Essas regiões ou estados de

ajuste podem ser predefinidos por outros sistemas de aeronave, por exemplo, em fases críticas de voo ou para influenciar os parâmetros de performance de voo ou para reduzir a resistência da aeronave. A fase de não-comando da cauda móvel 23 pelo módulo 22 pode ao mesmo tempo ser
5 provida particularmente por outros sistemas de aeronave com o início das situações mediante transmissão de um parâmetro correspondente para o módulo 22.

Alternativamente ou adicionalmente, pode ser provido que os limites da faixa para o comando de cauda móvel IHCMD sejam especifica-
10 dos dependendo do comando de cauda móvel calculado IHC1.

Alternativamente, ou adicionalmente, pode ser provido que os limites da faixa para o comando de cauda móvel IHCMD sejam formados a partir de um primeiro valor limite e de um segundo valor limite,

em que em um intervalo de tempo, um acionamento da trans-
15 missão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel IHCMD para mudar o estado de ajuste da cauda móvel 23 seja feito apenas quando a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado IHC1 e o comando de cauda móvel comandado IHCMD pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel 22
20 exceda um primeiro valor limite, e

em que a transmissão de ajuste de cauda móvel é acionada com um comando de cauda móvel IHCMD de tal maneira que o estado de ajuste da cauda móvel 23 não muda se um valor derivado a partir do comando de cauda móvel calculado IHC1 e/ou o comando de cauda móvel comandado
25 IHCMD pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel 22 esteja abaixo do segundo valor limite.

O primeiro valor limite pode ser um valor constante o qual é predefinido ou o qual é predefinido ou determinado como um desvio máximo permissível. O desvio máximo permissível pode particularmente ser determi-
30 nado a partir de um desvio entre um estado de ajuste absoluto comandado ou efetivo, isto é, determinado, do elevador 12 e um estado de ajuste absoluto comandado ou efetivo, isto é, determinado das caudas móveis 23. O es-

tado de ajuste absoluto se refere nesse caso a uma linha de referência comum para a cauda móvel e o elevador, por exemplo, o eixo longitudinal da aeronave.

5 O primeiro valor limite também pode ser um valor derivado das variáveis de status de voo e/ou do estado de ajuste do elevador ocorrendo no intervalo de tempo e/ou o estado de ajuste da cauda móvel ou um valor temporal de modo que a comparação é provida de tal modo que o valor limite é excedido quando uma variável de status de voo e/ou um estado de ajuste do elevador ocorrendo no intervalo de tempo e/ou um estado de ajuste da cauda móvel ou um valor temporal ou uma função desses valores excederem um valor desejado.

10 O estado de ajuste é entendido a esse respeito como a posição de ajuste, a velocidade de regulagem ou aceleração de regulagem de uma combinação desses componentes.

15 Alternativamente ou adicionalmente, pode ser provido que a transmissão de ajuste de elevador seja acionada com um comando de elevador IHCMMD de tal modo que o estado de ajuste da cauda móvel 23 não muda ou não mais muda se a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado IHC1 e o comando de cauda móvel comandado IHCMMD pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel 22 esteja abaixo do segundo valor limite.

20 Em uma modalidade exemplar, o valor com o qual o segundo valor limite é comparado é uma distância entre a posição de ajuste da cauda móvel 22 e a posição de ajuste instantâneo do elevador 12 ou um valor derivado dessa distância de modo que o segundo valor limite tenha caído abaixo quando a cauda móvel 23 cai abaixo de uma distância angular para o elevador 12.

25 O uso de uma magnitude absoluta da diferença a partir dos valores de referência em uma comparação com o primeiro e o segundo valor limite leva a um efeito de histérese para o movimento de cauda móvel dependendo do comando de cauda móvel, mostrada de uma maneira simplificada na Figura 4.

30

Alternativamente ou adicionalmente, o valor o qual é comparado com o segundo valor limite pode ser a velocidade de regulagem da cauda móvel 22 ou um valor derivado a partir disso de modo que o valor limite é baixado quando a cauda móvel 23 cair abaixo de uma velocidade de regulagem predeterminada.

Em uma modalidade exemplar, o sinal de saída IHC1 do módulo de cálculo de comando de cauda móvel 21 é fornecido à cauda móvel 23 ou sua transmissão de ajuste por intermédio do módulo de saída de comando de cauda móvel 22 como um resultado de um processamento de valor limite realizado no mesmo. Nesse caso, portanto, uma condição inicial com um primeiro valor limite é definida no módulo 22 primeiramente com o auxílio de uma função de referência e quando esse valor limite é alcançado ou excedido, o comando de cauda móvel IHC1 calculado no módulo de cálculo de comando de cauda móvel 21 é fornecido como sinal de comando IHCMD a partir do módulo 22 para a cauda móvel 23, ou sua transmissão de ajuste, para ajustar o mesmo.

Se o comando de cauda móvel calculado IHC1 na comparação realizada no módulo 22 não exceder o primeiro valor limite, o comando de cauda móvel calculado IHC1 não é emitido para a cauda móvel 23. Por outro lado, uma condição de parada é definida no módulo 22 com o auxílio de uma função de referência e de um segundo valor limite e quando esse valor limite é alcançado ou excedido, o comando de cauda móvel IHC1 calculado no módulo 21 não é fornecido como sinal de comando IHCMD2 para a cauda móvel 23 ou sua transmissão de ajuste para ajustar o mesmo.

Ao mesmo tempo, o comando de cauda móvel IHC1 calculado no módulo 21 o qual, se o primeiro valor limite não for excedido e não for comandado para a cauda móvel 23, é considerado durante acionamento do elevador 12 mediante um pré-comando adequadamente dimensionado. Nesse caso, a ação do comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel com o desvio, esse desvio é multiplicado por um fator que é determinado a partir das eficiências de superfície de controle do elevador 12 e cauda móvel 22. Particu-

larmente, a relação das eficiências de superfície de ajuste do elevador 12 e cauda móvel 22 é determinada ao se considerar as eficiências de superfície de controle de modo que as eficiências de superfície de controle possam ser definidas como valores constantes. Nesse caso, pode ser adicionalmente
5 provido que ao menos uma das eficiências de superfície de controle seja calculada considerando-se um ou mais dos seguintes parâmetros: velocidade de voo, estado de ajuste da cauda móvel 23 e/ou estado de ajuste do elevador 22, posição de um flape de fluxo do sistema de elevada capacidade alar da aeronave e/ou posição de arfagem da aeronave.

10 Em uma modalidade exemplar adicional, o deslocamento DeltaH de diferença pode ser formado no módulo 32 a partir do comando de cauda móvel IHC1 calculado no módulo 22 e o comando de cauda móvel IHCMD emitido pelo módulo de histerese/função escalonada 22 efetivamente para a cauda móvel 23. Isso corresponde a uma deflexão de elevador que não cor-
15 responde em sua ação à ação da deflexão de cauda móvel não-comandada de modo que o não-comando da cauda móvel 23 ou uma transmissão de ajuste correspondente é compensado pelo dispositivo de pré-comando. O pré-comando gerado pelo dispositivo de pré-comando é adicionado ao sinal de elevador 10 em um módulo 11 e a saída do membro de soma 11 é aco-
20 plada funcionalmente ao elevador 12 ou a uma transmissão de ajuste atribuída a ele para ajustar o mesmo de tal maneira que o sinal de soma pode ser fornecido diretamente ao elevador 12 para comandar ou ajustar o mesmo.

A saída do módulo 21 é funcionalmente conectada, em primeiro lugar, ao módulo 22 e ao módulo de diferença 32. O módulo 33 é conectado
25 funcionalmente à cauda móvel, isto é, uma transmissão de ajuste para ajustar a cauda móvel 23 de modo que o sinal de saída IHCMD do módulo 22 é transmitido ao módulo 23, isto é, à transmissão de ajuste da cauda móvel 23.

Contudo, se o comando de cauda móvel IHC1 calculado no mó-
30 dulo 21 exceder o primeiro valor limite predefinido, de modo que após a comparação no módulo 21, o comando de cauda móvel final IHCMD é emitido para a cauda móvel 23, isso é considerado pelo que em um módulo de

diferença 32, o deslocamento DiH de diferença ($\Delta i_H \text{offset}$) entre o comando de cauda móvel IHC1 calculado em 21 e o comando de cauda móvel IHCMD efetivamente emitido pela função/histérese escalonada 22 para a cauda móvel 23 diminui. Isto é, o pré-comando fornecido ao elevador 12 é reduzido na

5 forma na qual a cauda móvel 23 é efetivamente acionada ou operada.

O método de acionamento de acordo com a invenção compreende uma derivação V de função de pré-comando que é formada a partir do módulo de determinação de variável de pré-comando 30 e a unidade de adição 11. O módulo de determinação de variável de pré-comando 30 pode ser

10 formado particularmente a partir do módulo 31 o qual gera uma quantidade representando a relação das eficiências de superfície de ajuste da cauda móvel 23 e elevador 22, o módulo de diferença 32, o módulo multiplicador 33 e opcionalmente um módulo limitador 34. O módulo de determinação de variável de pré-comando 30 determina um sinal de pré-comando DDQ o qual é

15 fornecido a uma unidade de adição 11. Com a unidade de adição 11 o sinal de pré-comando DDQ é adicionado ao sinal de elevador DQC1 e a soma dessa adição é fornecida como o sinal DQCMD ao elevador 12 ou uma transmissão de ajuste do elevador 12.

No módulo de multiplicação 33, o deslocamento DiH de diferença

20 emitido pelo módulo de diferença 32 é multiplicado ou ponderado com uma quantidade determinada no módulo 31 que representa a relação das eficiências de superfície de ajuste da cauda móvel e do elevador. As eficiências aerodinâmicas diferentes das duas superfícies de ajuste são assim consideradas de modo que o desvio do comando de cauda móvel IHCMD efetivamente emitido pela cauda móvel 23 a partir do comando de cauda móvel

25 IHC1 calculado no módulo 21, efetuado como um resultado da função escalonada ou histérese implementada no módulo 22, é convertido em uma variação adequada na posição do elevador 12. Como as eficiências das duas superfícies de ajuste 12, 23 ao longo da região de ajuste variam, esses parâmetros os quais influenciam substancialmente a relação podem ser consi-

30 derados no cálculo da relação das eficiências das superfícies de ajuste no módulo 31. Há particularmente a velocidade (número de Mach) da aeronave,

a própria posição de cauda móvel absoluta, a posição do flape no sistema de elevada capacidade alar e a posição de arfagem da aeronave. O sinal ponderado com a relação de eficiência das superfícies de ajuste no módulo 33 é normalizado e limitado no módulo 34 e é fornecido como sinal DDQ a uma unidade de adição 11 a qual combina aditivamente o sinal ponderado com o sinal de elevador 10.

A Figura 4 mostra em um diagrama o comando i_H (ordenada " i_H ") efetivamente emitida pelo módulo de histérese e função escalonada 22 para a cauda móvel 23 como uma função do comando de cauda móvel i_H (abscissa "comando i_H ") calculado pelo módulo 21 na forma de uma função escalonada com as etapas grandes para um caso especial no qual o primeiro valor limite é uma distância constante a partir da posição de ajuste da cauda móvel 23 e o segundo valor limite visto em termos absolutos é uma distância angular constante entre a cauda móvel 23 e o elevador 12 e os valores correspondentes são comparados com esses valores limites. A distância angular entre o elevador e a cauda móvel é entendida como sendo o ângulo de ajuste absoluto do elevador e da cauda móvel de modo que a distância angular é zero quando a posição angular [...] um plano de referência da cauda móvel 23 e o elevador 12 vistos em seção transversal têm o mesmo alinhamento. Em comparação com isso, o movimento da cauda móvel 23 em resposta ao comando de cauda móvel 21 é mostrado como uma função escalonada com pequenas etapas, conforme obtido quando o comando é alimentado diretamente à cauda móvel como um resultado da histérese mecânica.

De acordo com a modalidade exemplar aqui descrita, o comando de cauda móvel IHC1 calculado no módulo 21, começando a partir de um valor inicial o qual corresponde à posição instantânea da cauda móvel ou um estado de ajuste instantâneo, é comparado com o valor limite respectivamente predefinido. Se o valor limite respectivo for excedido, a comparação do comando de cauda móvel com o valor limite é desativada e a cauda móvel 23 ajusta em resposta ao comando de cauda móvel IHCMD emitido pelo módulo 22 na direção de uma posição final que corresponde ao comando de

cauda móvel calculado, isto é, nessa fase a cauda móvel 23 é comandada com o comando de cauda móvel IHCMD para seu ajuste.

A comparação do comando de cauda móvel com o valor limite é reativada começando a partir de um valor inicial então correspondendo à posição de cauda móvel respectivamente instantânea ou um estado de ajuste respectivamente instantâneo se essas posições de cauda móvel, efetivas, instantâneas estiverem próximas da posição final calculada IHC1 pelo menos separada de uma dimensão predefinida. Isso pode ocorrer, por exemplo, dependendo de se a taxa de ajuste da cauda móvel 23 tiver caído abaixo de uma fração predefinida, por exemplo, 20% da taxa de ajuste máxima. Como a velocidade de deslocamento da cauda móvel 23 diminui à medida que a posição de cauda móvel instantânea se aproxima da posição final calculada, a relação da velocidade de deslocamento efetiva para máxima pode ser usada como um indicador para a abordagem para a posição final postulada a partir da qual a função de valor limite da histérese é outra vez ativada.

Conforme mostrado na Figura 4, em 22 a função de histérese e escalonada tem o efeito de que a posição de cauda móvel é intencionalmente comandada em etapas maiores, por exemplo, $0,5^\circ$ a $1,0^\circ$, do que a precisão de ajuste atualmente comum de, por exemplo, aproximadamente $0,06^\circ$ a aproximadamente $0,18^\circ$. Consequentemente a cauda móvel 23 não se desloca imediatamente atrás do elevador 12, mas apenas após alcançar o valor limite respectivamente predefinido.

Para ilustração, a Figura 4 mostra uma aplicação altamente especializada na qual o elevador 12 é deslocado em etapas constantes de $0,54$ graus e a cauda móvel é orientada com base em um primeiro e segundo valor limite até que o elevador e a cauda móvel têm o mesmo alinhamento, isto é, sejam trazidos para uma corda comum. Na modalidade exemplar na qual a variação do ângulo de ajuste do elevador 12 depende do status de voo, a cauda móvel 23 nem sempre será deslocada para a mesma posição de ajuste ou para o mesmo ângulo de ajuste durante o ajuste do elevador com base no primeiro e segundo valor limite. Além disso, como resultado do primeiro valor limite que torna necessário exceder o mesmo para o movimento da

cauda móvel 23, o elevador e a cauda móvel não são alinhados permanentemente em uma corda comum, mas apenas quando o primeiro valor limite é excedido e a posição do elevador mais propriamente exibe pequenos desvios a partir da corda comum. O elevador 12, portanto, assume a geração da correção do momento de arfagem na faixa de ajuste na qual a cauda móvel 23 é mantida fixa pela função de escalonamento e histérese. A atividade de ajuste, isto é, a frequência do movimento, da cauda móvel 23 diminui significativamente, enquanto aquela do elevador 12 permanece aproximadamente idêntica. Como resultado da atividade de ajuste reduzida, o desgaste de todos os componentes envolvidos no movimento de cauda móvel é reduzido e particularmente a região altamente estressada localmente de um eixo de centragem aerodinâmica contido no dispositivo de ajuste ou acionamento da cauda móvel 23 é submetida a menos desgaste.

Em uma histérese convencional (função de transmissão no formato de escada com sinal de entrada linearmente crescente), o parafuso de ajuste no eixo de centragem aerodinâmica sempre descansaria nas mesmas posições, isto é, as posições correspondendo aos valores limites da histérese. Nessas posições presumivelmente ocorreria maior desgaste. Para evitar isso, portanto, de acordo com uma modalidade exemplar descrita aqui é provido no sentido de que após receber o valor limite inicial, a cauda móvel 23 é deixada se deslocar até a posição final calculada ser alcançada. A posição final calculada é independente do valor limite da histérese. A cauda móvel 23, portanto, pode descansar entre dois valores limite. Como já explicado anteriormente, a histérese apenas é ativada outra vez quando uma abordagem entre a quantidade de comando IHCMD e a posição efetiva da cauda móvel 23 for atingida e particularmente, a velocidade de deslocamento efetivo da cauda móvel se situar abaixo de um valor limite específico, por exemplo, 20% da taxa máxima de ajuste da cauda móvel. Apesar da histérese, a cauda móvel, portanto, pode parar em posições arbitrárias. Reinício da cauda móvel ocorre em relação à última posição de parada e considerando o valor limite da histérese. Desse modo, não há divisão fixa na função de transmissão da histérese e, portanto, também nenhuma função no formato

de escada fixa típica de uma histérese. A função no formato de escada mostrada na Figura 4 deve ser entendida apenas esquematicamente visto que a origem das etapas mostradas não é fixada ao longo da linha central, mas em cada caso relacionada respectivamente à última posição final.

5 A Figura 2 mostra um diagrama de circuito simplificado de um dispositivo para centragem aerodinâmica de cauda móvel de acordo com a modalidade do método de acordo com a invenção mostrado mediante referência à Figura 1. Os componentes e os sinais mostrados na Figura 2 são providos com os mesmos numerais de referência que as etapas de processo
10 mostradas na Figura 1 uma vez que eles realizam as mesmas ou similares funções.

O dispositivo compreende um dispositivo para cálculo de comandos de cauda móvel designados como um todo com o numeral de referência 21, o qual tem uma entrada 10 para fornecer um sinal de elevador
15 DQC1. Esse sinal de elevador DQC1 pode ser fornecido por intermédio de uma linha 101 e um somador 11 diretamente ao elevador 12. Na modalidade exemplar mostrada, o dispositivo 21 para cálculo dos comandos de cauda móvel é formado por um amplificador de entrada 211 que serve para normalizar o sinal, um circuito limitador 212 e um integrador 213. No integrador
20 213, a soma do sinal de elevador DQC1 presente na entrada 10 é realizada de modo que um comando de cauda móvel contínuo IHC1 de amplitude continuamente crescente aparece na saída do dispositivo 21.

O comando de cauda móvel IHC1 entregue pelo dispositivo 21 é alimentado por um lado a um circuito de histérese 22 e por outro lado a um
25 meio de subtração 32 o qual é conectado em sua segunda entrada à saída do circuito de histérese 22 para receber a partir da mesma o sinal de saída IHCMD. O sinal de saída IHCMD é adicionalmente emitido por intermédio de uma linha 221 como um comando de cauda móvel no formato de escada para a cauda móvel 23 ou mais precisamente para seu dispositivo de ajuste
30 ou acionamento.

É provido ainda um dispositivo 31 para calcular a relação das eficiências das superfícies de ajuste, a partir da qual o sinal de saída é ali-

mentado a um multiplicador 33 cuja outra entrada é conectada à saída do meio de subtração 32 para receber seu sinal de saída. O sinal de saída do meio de subtração 32 é o deslocamento DiH de sinal, o qual já foi explicado em detalhe com referência à Figura 1, e o qual representa o erro de posicionamento da cauda móvel 23 resultando do desvio do comando de cauda móvel no formato de escada IHCMD efetivamente entregue pelo circuito de histérese 22 à cauda móvel 23 a partir do IHC1 de cauda móvel, contínuo, calculado. Esse erro de posicionamento do deslocamento DiH de cauda móvel é assim ponderado com o sinal a partir do dispositivo 31 para calcular a relação das eficiências de superfícies de ajuste e com grandes valores limite é limitado em um limitador a jusante 34. O sinal DDQ assim obtido é então alimentado ao somador 11 onde ele é combinado aditivamente com o sinal de elevador DQC1 fornecido diretamente por intermédio da linha 101. O resultado é um comando de elevador combinado DQCMD o qual é emitido para o elevador 12. Esse comando de elevador combinado desse modo considera o sinal de elevador diretamente introduzido DQC1 a partir da entrada 10 e também um componente de pré-comando de elevador o qual considera o deslocamento DiH de erro de posicionamento da cauda móvel 23.

A Figura 3 mostra uma modalidade exemplar do dispositivo 31 para calcular a relação das eficiências de superfícies de ajuste em detalhe. Esse dispositivo 31 compreende substancialmente duas tabelas (tabelas de consulta), 312 e 313, as quais representam as eficiências de superfícies de ajuste de cauda móvel 23 ou elevador 12 como uma função dos parâmetros de status de voo.

A tabela 312 representa a eficiência de cauda móvel, a tabela 313 representa a eficiência de elevador. Os sinais de saída das tabelas 312, 313 são alimentados às entradas de um circuito de divisão 311, de modo que esse último por intermédio de um circuito limitador 315 o qual considera uma limitação da eficiência do elevador.

Os perfis de tempo dos sinais DQC1, INPU, IHC1, IHCMD, deslocamento DiH e DQCMD que ocorrem no circuito mostrado na Figura 2 e os quais já foram descritos previamente são mostrados como um exemplo no

perfil de tempo na Figura 5. O sinal de entrada DQC1 é aqui um sinal de oscilação senoidal $s(t = 22,5 \text{ sincronização } (0,1t) - 7,5$, Figura 5a) gerado por um gerador de sinais de teste. Isso representa, por exemplo, o sinal de saída de um dispositivo de centragem aerodinâmica de operação automaticamente permanente que deve compensar o equilíbrio de momento de arfagem de uma aeronave.

A ENTRADA de sinal, Figura 5b mostra o sinal DQC1 após normalização pelo amplificador 211. O sinal IHC1, Figura 5c obtido após calcular o comando de cauda móvel é obtido como o sinal de saída do circuito integrador 213 e na modalidade exemplar aqui mostrada, é limitado à faixa de -11,6 a +1,2. A Figura 5d mostra o sinal de saída IHCMD do circuito de histérese 22. Isso difere do sinal IHC1 uma vez que ele suprime o mencionado por último se ele estiver abaixo do valor limite do circuito de histérese 22. O deslocamento DiH de erro de posicionamento resultante, portanto, que aparece no meio de subtração 32 é mostrado na Figura 5e. Finalmente, o sinal DQCMD mostrado na Figura 5f é o comando de elevador combinado o qual é emitido pelo somador 11 para o elevador 12.

As Figuras 6 a 11 mostram diagramas nos quais os comandos de cauda móvel e a força de cauda móvel conforme mostrados como uma função de tempo para dois voos exemplares com o tipo de aeronave A340 nas fases de decolagem, missão inteira ou marcha em cruzeiro e aterrissagem. Das duas curvas estreitamente adjacentes A e B, a curva suave A indica o comando de cauda móvel contínuo calculado IHC1 ao passo que a função de escalonamento B seguindo logo após o mesmo representa a posição de cauda móvel resultante com uma ligeira histérese de $0,06^\circ$ tal como a obtida como um resultado da histérese mecânica na transmissão mecânica da cauda móvel 23 durante centragem aerodinâmica de cauda móvel convencional. A curva C, por outro lado, em cada uma delas mostra a posição da cauda móvel 23 durante centragem aerodinâmica de acordo com a presente invenção onde as Figuras 6 a 8 mostram as curvas C obtidas utilizando histérese com os degraus de $0,54^\circ$, enquanto que as Figuras 9 a 11 mostram as curvas C obtidas utilizando a histérese com degraus de $0,9^\circ$. Nas

curvas C da histérese mecânica de $0,06^\circ$ refletida nos pequenos degraus é sobreposta à histérese intencionalmente selecionada de $0,54^\circ$ ou $0,9^\circ$.

5 Pode ser visto a partir de uma comparação das curvas B e C que ao usar a função de escalonamento ou histérese conforme realizado pela funcionalidade 22 na Figura 1 ou 2, a soma de todas as etapas de movimento incremental do movimento de cauda móvel é significativamente menor (curva C) do que sem tal histérese intencional ou com a histérese mecânica isoladamente na transmissão de cauda móvel (curva B). Isso tem particularmente um efeito durante marcha em cruzeiro, conforme a Figura 7, para
10 um limite de histérese de $0,54^\circ$ ou Figura 10 para um limite de histérese de $0,9^\circ$. Contudo, durante decolagem e pouso a soma das etapas de movimento incremental com uma histérese intencional de acordo com a curva C também é significativamente menor do que sem tal histérese, conforme a curva B.

15 O elevador e a cauda móvel podem ser ajustados em resposta ao sinal de elevador 10 de tal modo que a posição mútua dos mesmos efetua um arqueamento do perfil global produzido pela cauda móvel e elevador a qual como tal causa uma força ascensional/descendente no sentido do sinal de elevador fornecido 10. Um arqueamento do perfil total ocorre como
20 um resultado do ligeiro desvio previamente descrito da posição de elevador a partir da corda comum com a cauda móvel causada como uma função de histérese. Com a mesma força aerodinâmica, tipicamente força descendente, isto é, ascensão dirigida no sentido para baixo na cauda móvel, a resistência do ar da cauda móvel arqueada pode ser inferior em comparação com
25 uma cauda móvel reta, porém mais fortemente ajustada. Ao projetar o acionamento de cauda móvel, deve ser, portanto, observado que um arqueamento no lado direito do perfil global da cauda móvel e do elevador é formado no sentido de minimizar a resistência e não uma centragem aerodinâmica errônea, isto é, um ajuste de aumento de resistência orientado no sentido
30 oposto de ambas as superfícies de ajuste com uma curvatura que é opostamente dirigida à força aerodinâmica pretendida. Dependendo da posição da cauda móvel ou status de voo, o elevador, portanto, deve permanecer no

lado direito da corda de cauda móvel para efetuar a redução em resistência. A magnitude da histérese, portanto, é uma medida para a curvatura máxima possível e a possível redução em resistência. Uma função lógica correspondente precisaria ser integrada na funcionalidade de histérese 22 ou pode ser
5 obtida mediante um deslocamento no sinal de cauda móvel DDQ.

A presente invenção provê uma funcionalidade adicional no acionamento da cauda móvel e elevador de uma aeronave que é vantajosamente manifesta por uma redução em desgaste, um prolongamento dos intervalos de manutenção e aumento na durabilidade do acionamento de cauda móvel e partes móveis correspondentes, por exemplo, mecanismo de esfera de recirculação e eixo de centragem aerodinâmica na transmissão de cauda móvel.
10

A funcionalidade, isto é, os componentes mostrados nas Figuras 2 e 3 podem ser implementados particularmente mediante software.

A prova funcional e os aperfeiçoamentos esperados foram demonstrados de uma maneira exemplar mediante referência aos dados de teste de voo registrados conforme reproduzidos nas Figuras 6 a 11. Cada um dos testes foi realizado para um voo de curta distância e um voo de longa distância com diferentes valores limite para a histérese.
15

20 LISTA DE REFERÊNCIA

10	Entrada de sinal de elevador
11	Somador
12	Elevador ou estabilizador horizontal
21	Cálculo de comando de cauda móvel
25 22	Função escalonada/histérese
23	Cauda móvel
30	Módulo de determinação de variável de pré-comando
31	Cálculo de relação de eficiência de superfícies de ajuste
32	Meio de subtração
30 33	Multiplicador
34	Limitação de sinal
211	Amplificador de normalização

	212	Limitador
	213	Integrador
	311	Divisor
	312	Tabela (tabela de consulta)
5	313	Tabela (tabela de consulta)
	315	Limitador

REIVINDICAÇÕES

1. Método para acionar uma transmissão de ajuste para ajustar um elevador (12) e uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel (23) é provido com as etapas de:

5 geração de um comando de elevador para acionar a transmissão de ajuste do elevação (12);

 calcular um comando de cauda móvel (IHC1) para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel de tal maneira que a cauda móvel (23) é orientada para a entrada de sinal de elevador calculada (10);

10 dependendo dos estados de ajuste do elevador (12) e/ou da cauda móvel (23) ou dos estados de voo, manter o estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel (IHCMD) para mudar o estado de ajuste da cauda móvel (23),

15 durante acionamento da transmissão de ajuste de elevador com um comando de elevador para mudar o estado de ajuste do elevador (12) e no evento de um desvio a partir do comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandado (IHCMD), atuar sobre o comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da
20 transmissão de ajuste de cauda móvel, para obter a eficácia aerodinâmica neutra.

 2. Método de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou o acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com
25 um comando de cauda móvel é feito dependendo dos estados de ajuste do elevador (12) com base em uma faixa para o comando de cauda móvel, os limites da qual são relacionados aos estados de ajuste do elevador (12).

 3. Método, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, caracterizado pelo fato de que os limites da faixa para o comando de cauda móvel
30 (IHCMD) são feitos dependendo do comando de cauda móvel calculado (IHC1).

 4. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações pre-

cedentes, caracterizado pelo fato de que os limites da faixa para o comando de cauda móvel (IHCMD) são formados a partir de um primeiro valor limite e de um segundo valor limite,

em que em um intervalo de tempo, um acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel (IHCMD) para mudar o estado de ajuste da cauda móvel (12) é apenas feito quando a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandado (IHCMD) pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (23) exceder um primeira valor limite, e

em que a transmissão de ajuste de cauda móvel é acionada com um comando de cauda móvel (IHCMD) de tal maneira que o estado de ajuste da cauda móvel (23) não muda se um valor derivado do comando de cauda móvel calculado (IHC1) e/ou o comando de cauda móvel comandado (IHCMD) relevante para esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (22) estiver abaixo do segundo valor limite.

5. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o primeiro e/ou o segundo valor limite é um valor constante que corresponde a um ângulo de diferença.

6. Método, de acordo com a reivindicação 4, caracterizado pelo fato de que o primeiro e/ou o segundo valor limite é um valor derivado a partir das variáveis de status de voo e/ou do estado de ajuste do elevador (12) ocorrendo no intervalo de tempo e/ou o estado de ajuste da cauda móvel (22).

7. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes 4 a 6, caracterizado pelo fato de que o acionamento de ajuste de cauda móvel é acionado com um comando de cauda móvel (IHCMD) de tal maneira que o estado de ajuste da cauda móvel (23) não muda se a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandado (IHCMD) pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (22) estiver abaixo do segundo valor limite.

8. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, caracterizado pelo fato de que o valor comparado com o segundo valor limite é uma distância entre a posição de ajuste calculada da cauda móvel (22) e a posição de ajuste instantâneo da cauda móvel (23) ou um valor derivado a partir dessa distância de modo que o segundo valor limite esteja abaixo quando a posição de cauda móvel calculado (23) cair abaixo de uma distância angular para a posição de cauda móvel comandada (23).

9. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações 4 a 7, caracterizado pelo fato de que o valor comparado com o segundo valor limite é a velocidade de regulação da cauda móvel (22) e/ou do elevador ou um valor derivado a partir disso de modo que o valor limite esteja abaixo quando a cauda móvel (23) cair abaixo de uma velocidade de regulação predeterminada.

10. Método, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a ação do comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel com o deslocamento ΔH de desvio é multiplicado por um fator que é determinado a partir das eficiências de superfícies de controle do elevador (12) e cauda móvel (22).

11. Método, de acordo com a reivindicação 10, caracterizado pelo fato de que a relação das eficiências de superfícies de ajuste do elevador (12) e cauda móvel (23) é determinada ao se considerar as eficiências das superfícies de controle.

12. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que as eficiências das superfícies de controle são definidas como valores constantes.

13. Método, de acordo com a reivindicação 11, caracterizado pelo fato de que ao menos uma das eficiências de superfícies de controle é calculada considerando-se um ou mais dos seguintes parâmetros: velocidade de voo, número de Mach, estado de ajuste da cauda móvel (23) e/ou estado de ajuste do elevador (12), ângulo aerodinâmico de ataque da cauda, posição de um aerofólio e flape do sistema de capacidade alar elevada da

aeronave e/ou posição de arfagem da aeronave.

14. Dispositivo de controle para acionar uma transmissão de ajuste para ajustar um elevador (12) e uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel (23), com base em uma primeira variável de controle de elevador; caracterizado por compreender:

um módulo de cálculo de comando de cauda móvel (21) tendo uma função para calcular um comando de cauda móvel (IHC1) para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel de tal maneira que a cauda móvel (23) é orientada para o sinal de entrada de elevador (10);

um módulo de saída de comando de cauda móvel (22) conectado ao módulo de cálculo de comando de cauda móvel (21) para transmitir comandos de cauda móvel calculados (IHC1), que é conectado a uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel (23) e o qual tem uma função que, dependendo dos estados de ajuste calculado do elevador (12) e/ou da cauda móvel (23) dos estados de voo, aciona a transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel (23) para manter o estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel (IHCMD) para mudar o estado de ajuste da cauda móvel (23),

um módulo de pré-comando de elevador (V) conectado ao módulo de saída de comando de cauda móvel (22), tendo um módulo de determinação de variável de pré-comando (30) para gerar uma variável de pré-comando de elevador e um módulo de acionamento (11) para atuar sobre a primeira variável de controle de elevador com a variável de pré-comando de elevador para formar um comando de elevador (DQCMD) para acionar a transmissão de ajuste de elevador,

em que o módulo de saída de comando de cauda móvel (22) tem uma função para formar um desvio entre o comando de cauda móvel (IHC1) calculado pelo módulo de cálculo de comando de cauda móvel (21) e o comando de cauda móvel (IHCMD) emitido para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel para acionar a transmissão de cauda móvel e em que o módulo de determinação de variável de pré-comando (30) é configurado

de tal modo que esse recebe os valores de desvio e determina a partir dos mesmos a variável de pré-comando de elevador.

15 5 10 15
15. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 1, caracterizado pelo fato de que a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou o acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel é feita dependendo dos estados de ajuste do elevador (12) com base em uma faixa para o comando de cauda móvel, os limites da qual são relacionados aos estados de ajuste do elevador (12) ou são feitos dependendo do comando de cauda móvel calculado (IHCI).

15 15
16. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 14 ou 15, caracterizado pelo fato de que no módulo de saída de comando de cauda móvel (22) os limites da faixa para o comando de cauda móvel (IHCMD) são formados a partir de um primeiro valor limite e de um segundo valor limite,

20 25
em que em um intervalo de tempo, um acionamento da transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel (IHCMD) para mudar o estado de ajuste da cauda móvel (12) é apenas feito quando a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandado (IHCMD) pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (23) exceder um primeiro valor limite, e

25 30
em que a transmissão de ajuste de cauda móvel é acionada com um comando de cauda móvel (IHCMD) de tal maneira que o estado de ajuste da cauda móvel (23) não muda se um valor derivado do comando de cauda móvel calculado (IHC1) e/ou o comando de cauda móvel comandado (IHCMD) relevante para esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (22) esteja abaixo do segundo valor limite.

30
17. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 16, caracterizado pelo fato de que o primeiro e/ou segundo valor limite é um valor constante que corresponde a um ângulo de diferença ou o primeiro e/ou segundo valor limite é um valor derivado a partir das variáveis de status de

voos e/ou do estado de ajuste do elevador (12) ocorrendo no intervalo de tempo e/ou o estado de ajuste da cauda móvel (22).

5 18. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelo fato de que a transmissão de ajuste de cauda móvel é acionada com um comando de cauda móvel (IHCMD) de tal maneira que o estado de ajuste da cauda móvel (23) não muda se a magnitude absoluta da diferença entre o comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandada (IHCMD) pertinente a esse intervalo de tempo ou um estado de ajuste efetivo da cauda móvel (22) estiver abaixo do segundo valor limite.

15 19. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelo fato de que o valor comparado com o segundo valor limite é uma distância entre a posição de ajuste calculada da cauda móvel (22) e a posição de ajuste instantânea da cauda móvel (23) ou um valor derivado a partir dessa distância de modo que o segundo valor limite está abaixo quando a posição de cauda móvel calculada (23) cair abaixo de uma distância angular para a posição de cauda móvel comandada (23).

20 20. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações 15 a 17, caracterizado pelo fato de que o valor comparado com o segundo valor limite é a velocidade de regulagem da cauda móvel (22) e/ou do elevador ou um valor derivado a partir desse de modo que o valor limite está abaixo quando a cauda móvel (33) cair abaixo de uma velocidade de regulagem predeterminada.

25 21. Dispositivo de controle, de acordo com qualquer uma das reivindicações precedentes, caracterizado pelo fato de que a ação do comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel com o deslocamento ΔiH de desvio é multiplicado por um fator o qual é determinado a partir das eficiências de superfícies de controle do elevador (12) e da cauda móvel (22).

30 22. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 21, caracterizado pelo fato de que a relação das eficiências de superfícies de

ajuste do elevador (12) e da cauda móvel (23) é determinada quando considerando as eficiências de superfícies de controle.

23. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 22, caracterizado pelo fato de que as eficiências de superfícies de controle são
5 definidas como valores constantes.

24. Dispositivo de controle, de acordo com a reivindicação 23, caracterizado pelo fato de que ao menos uma das eficiências de superfícies de controle é calculada considerando um ou mais dos seguintes parâmetros: velocidade de voo, número Mach, estado de ajuste da cauda móvel (23) e/ou
10 estado de ajuste do elevador (12), ângulo de ataque aerodinâmico da cauda, posição de um aerofólio ou flape do sistema de capacidade alar elevada da aeronave e/ou posição de arfagem da aeronave.

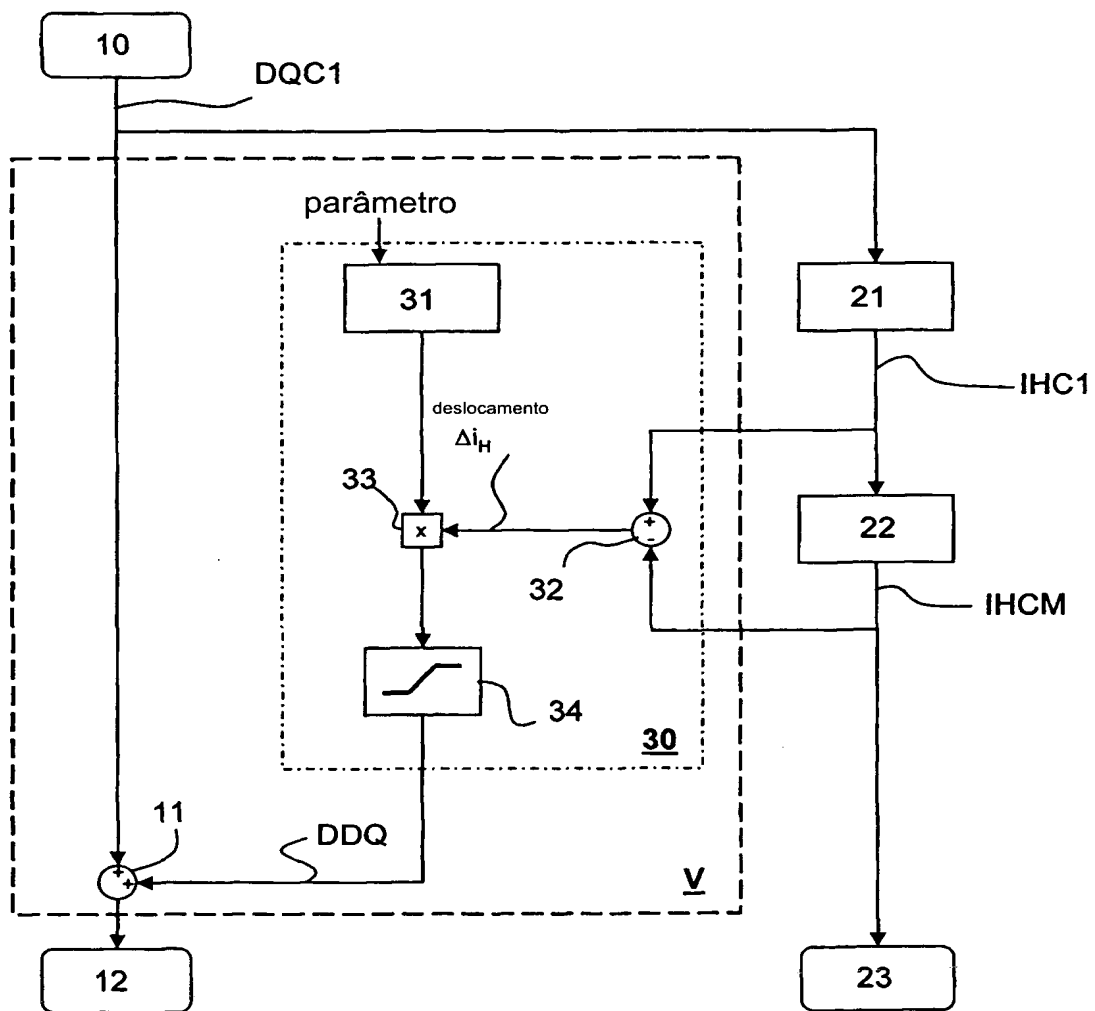


Fig. 1

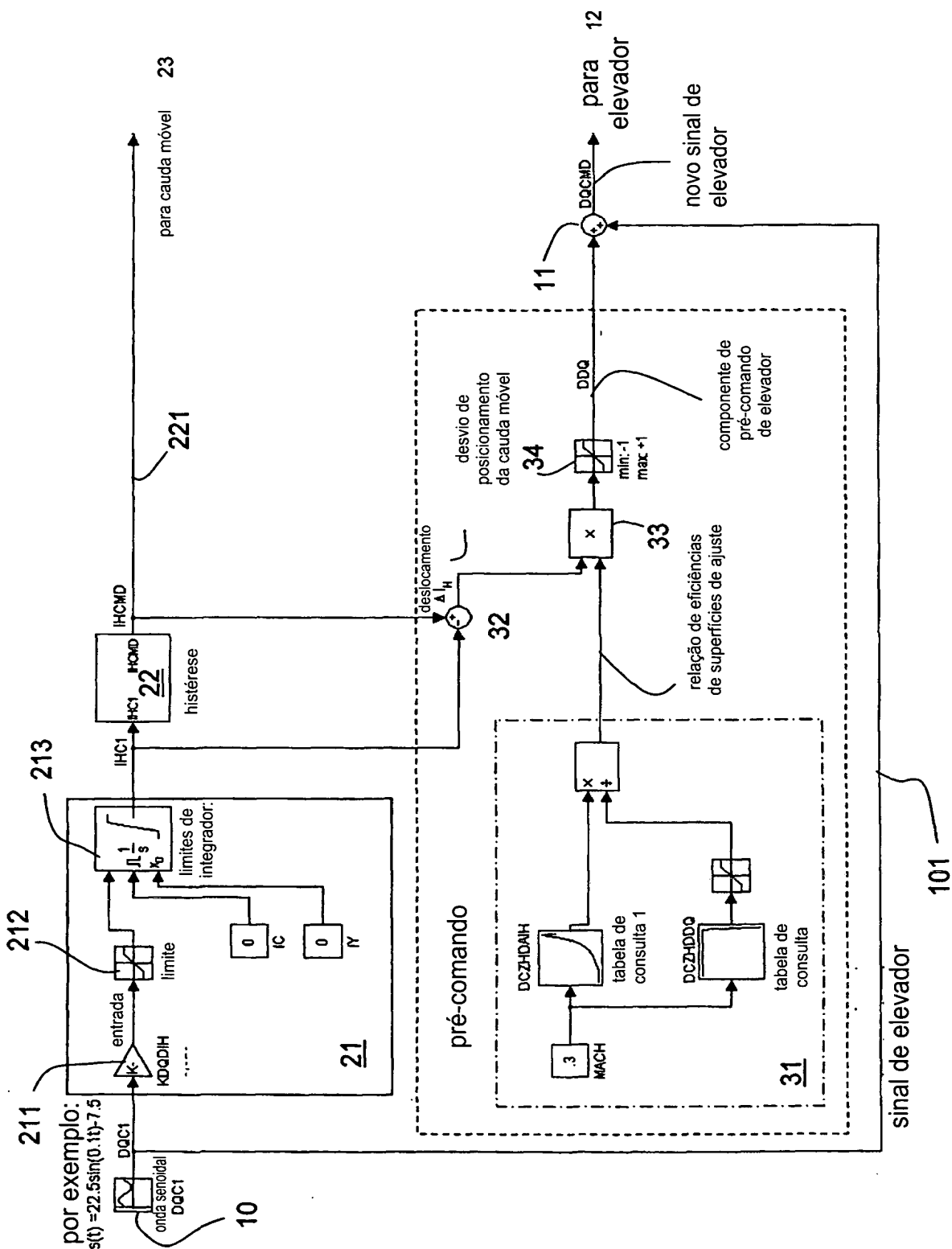


Fig. 2

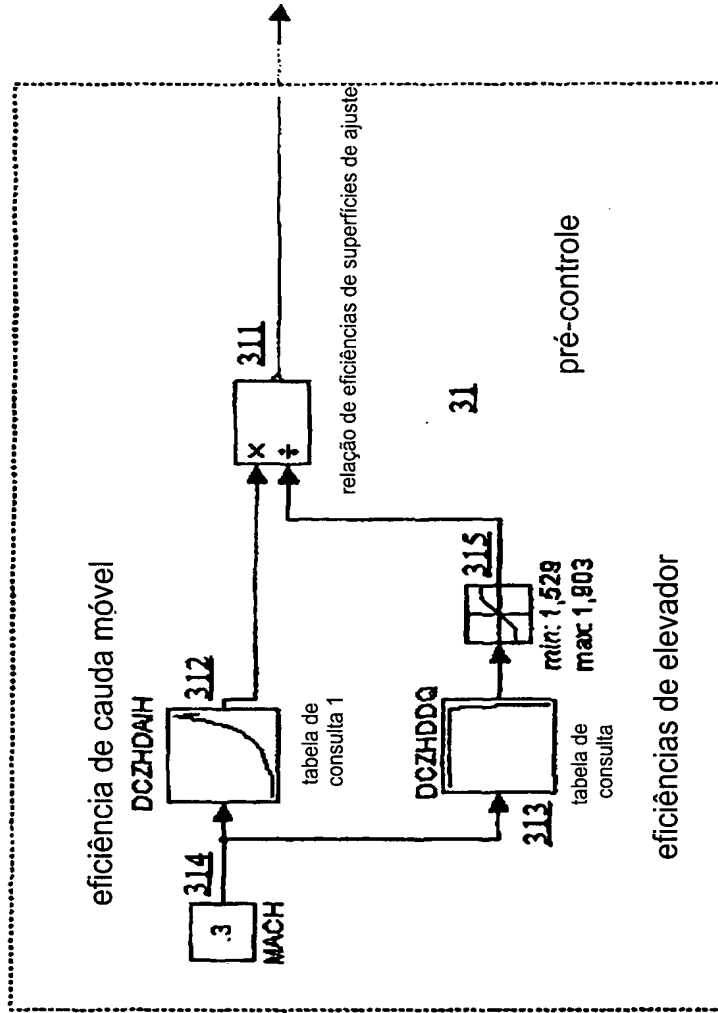


Fig. 3

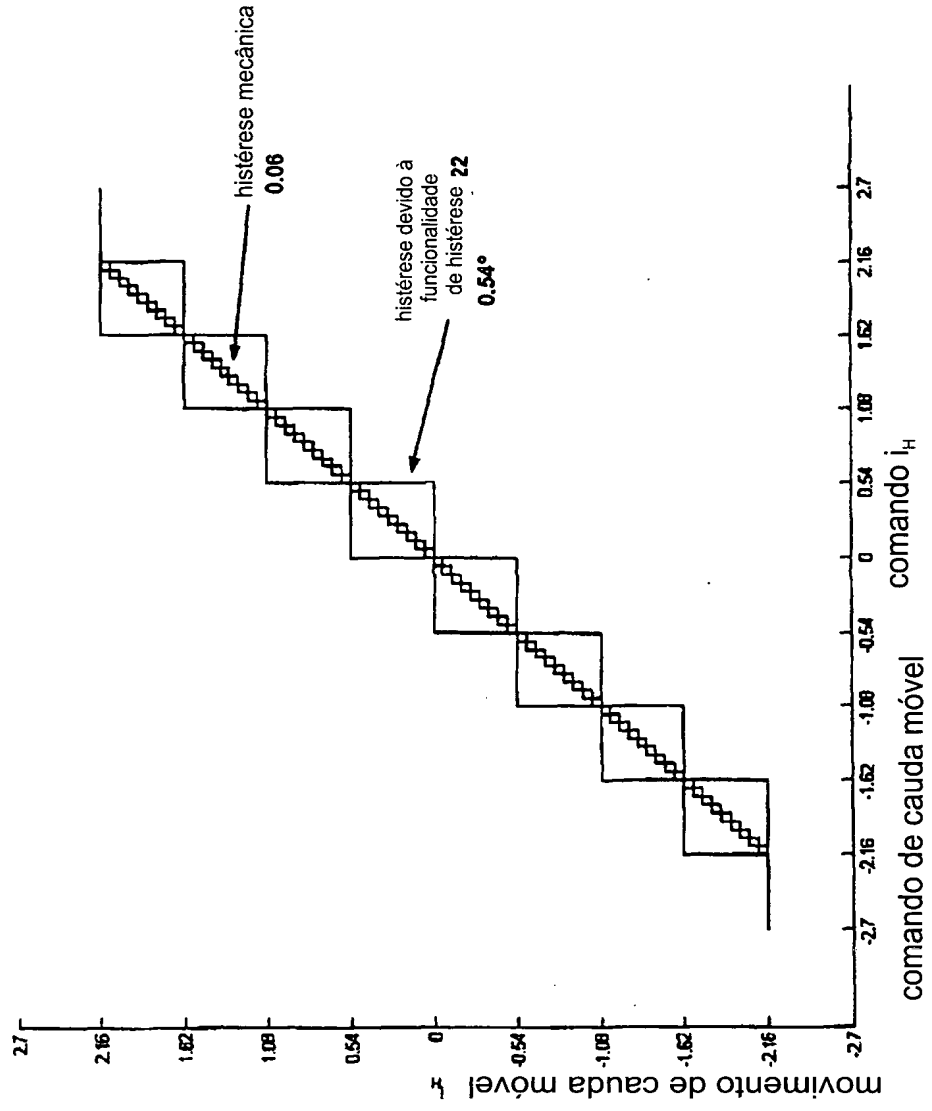


Fig. 4

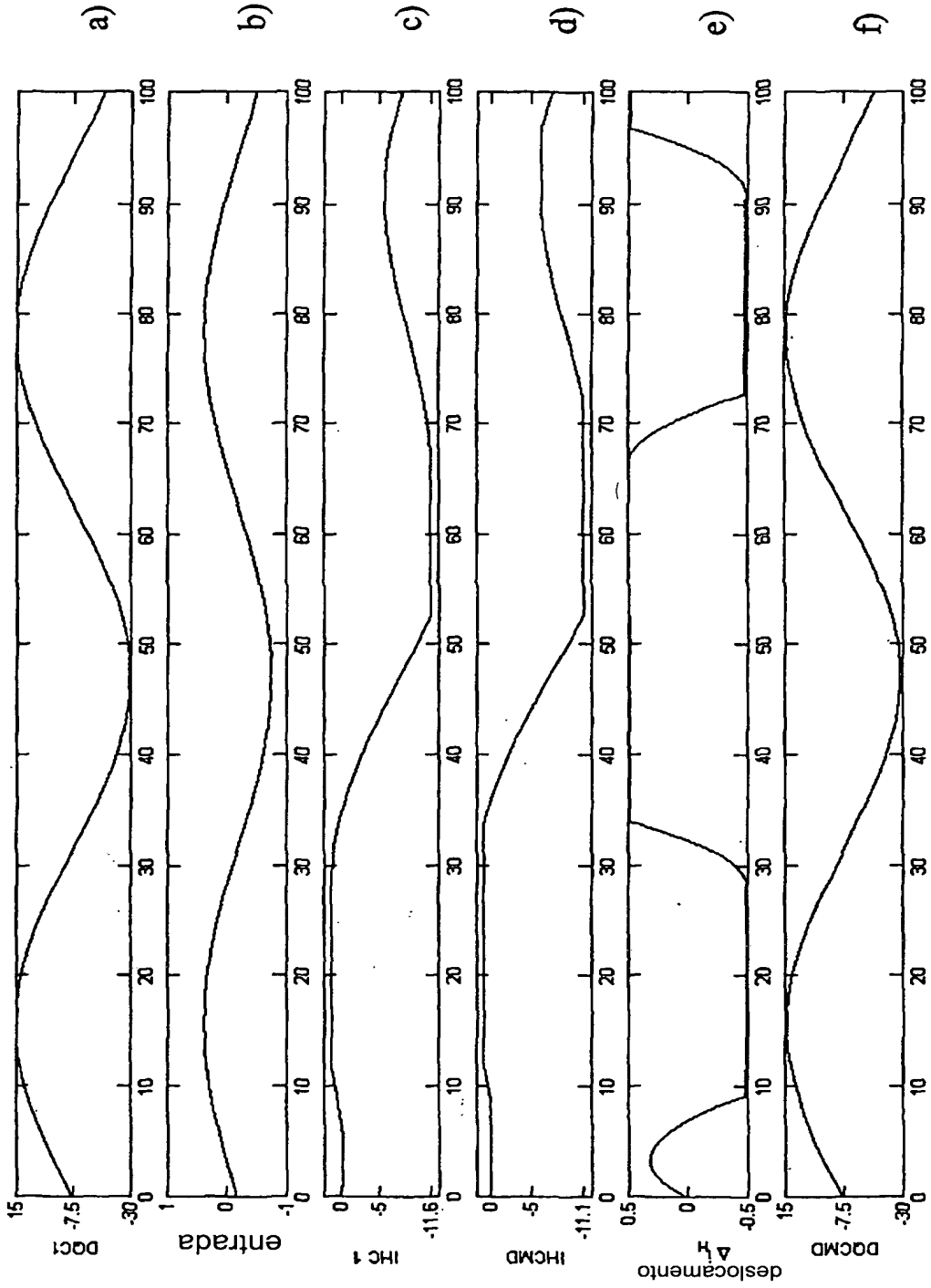


Fig. 5

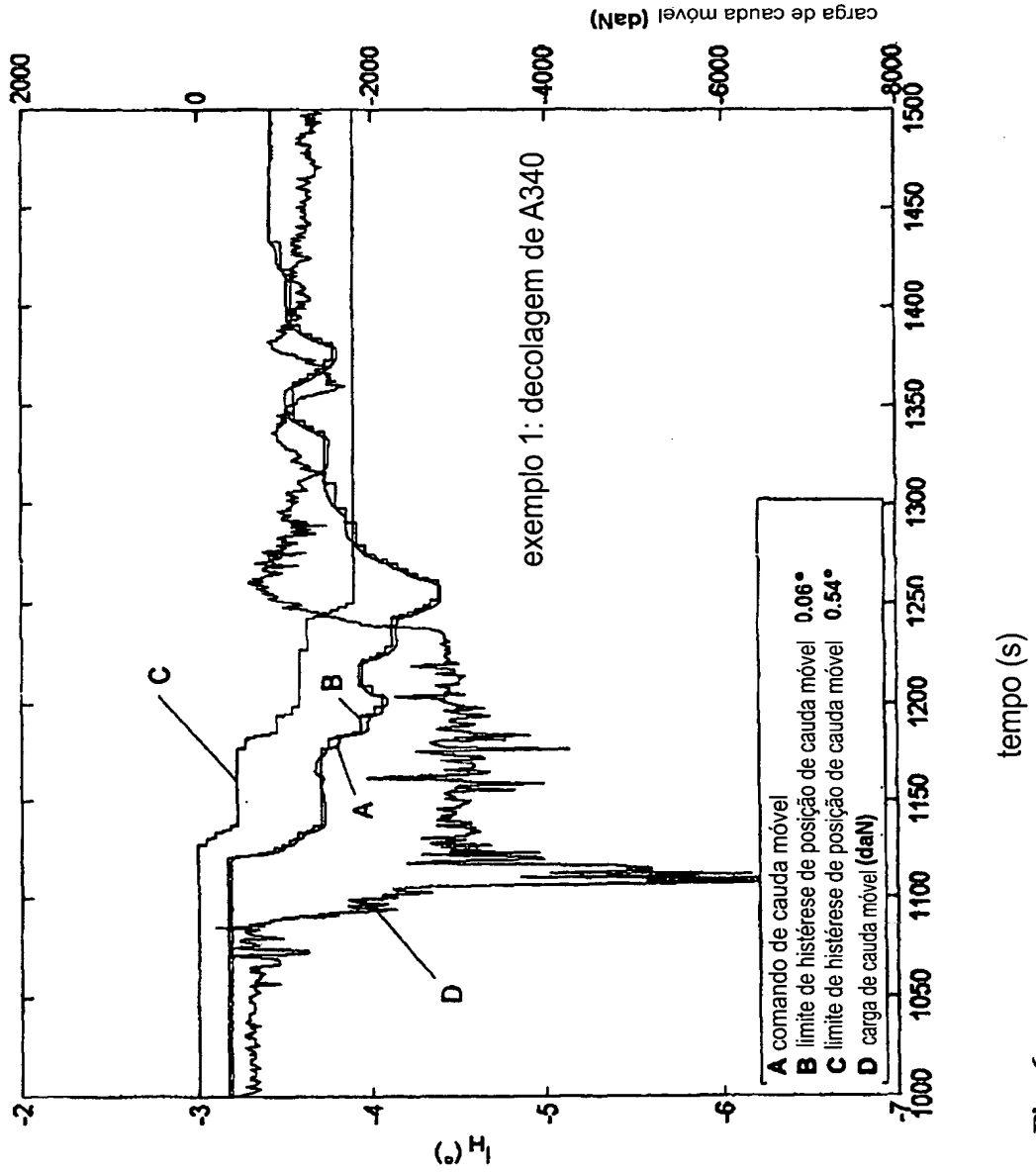


Fig. 6

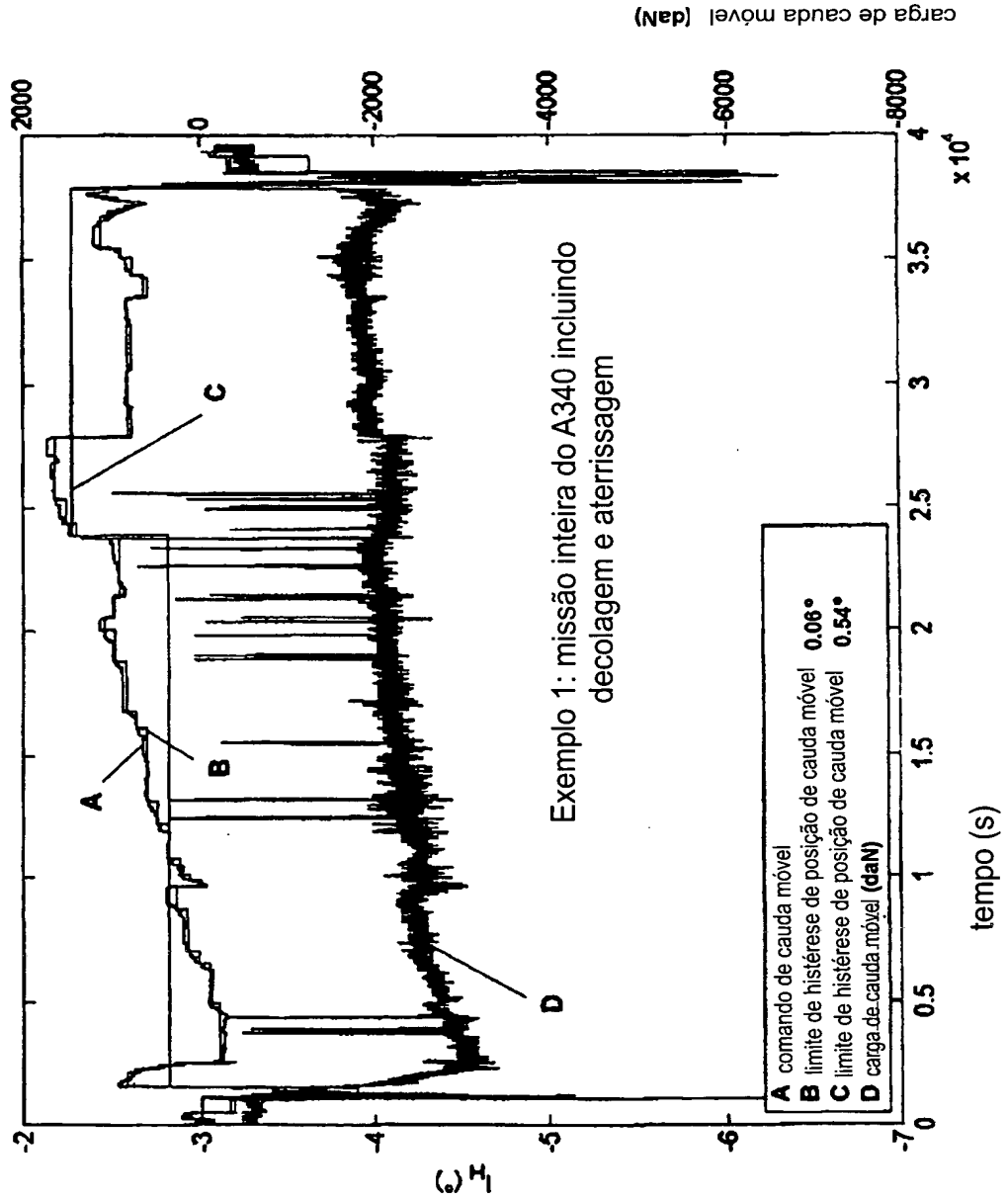


Fig. 7

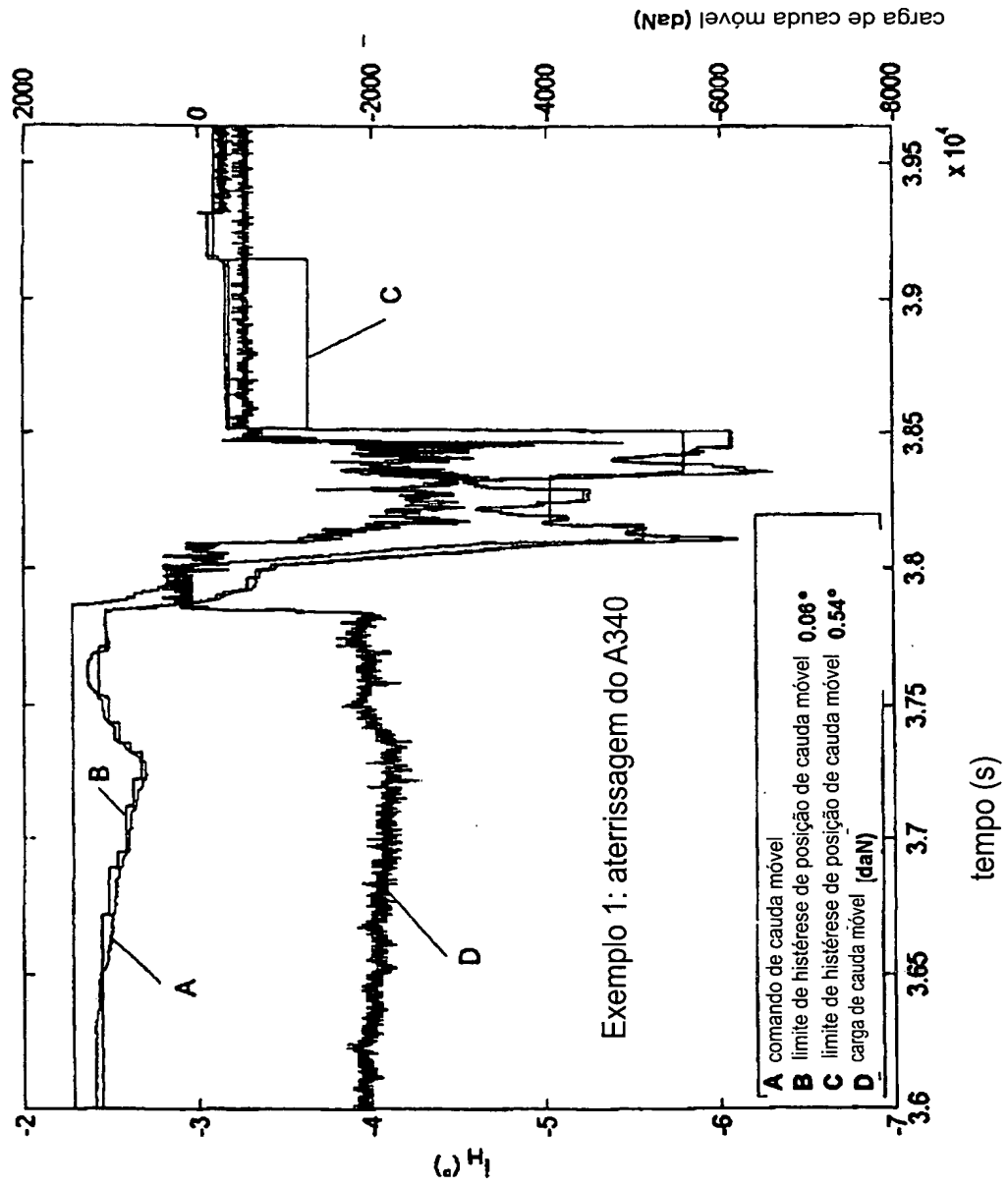


Fig. 8

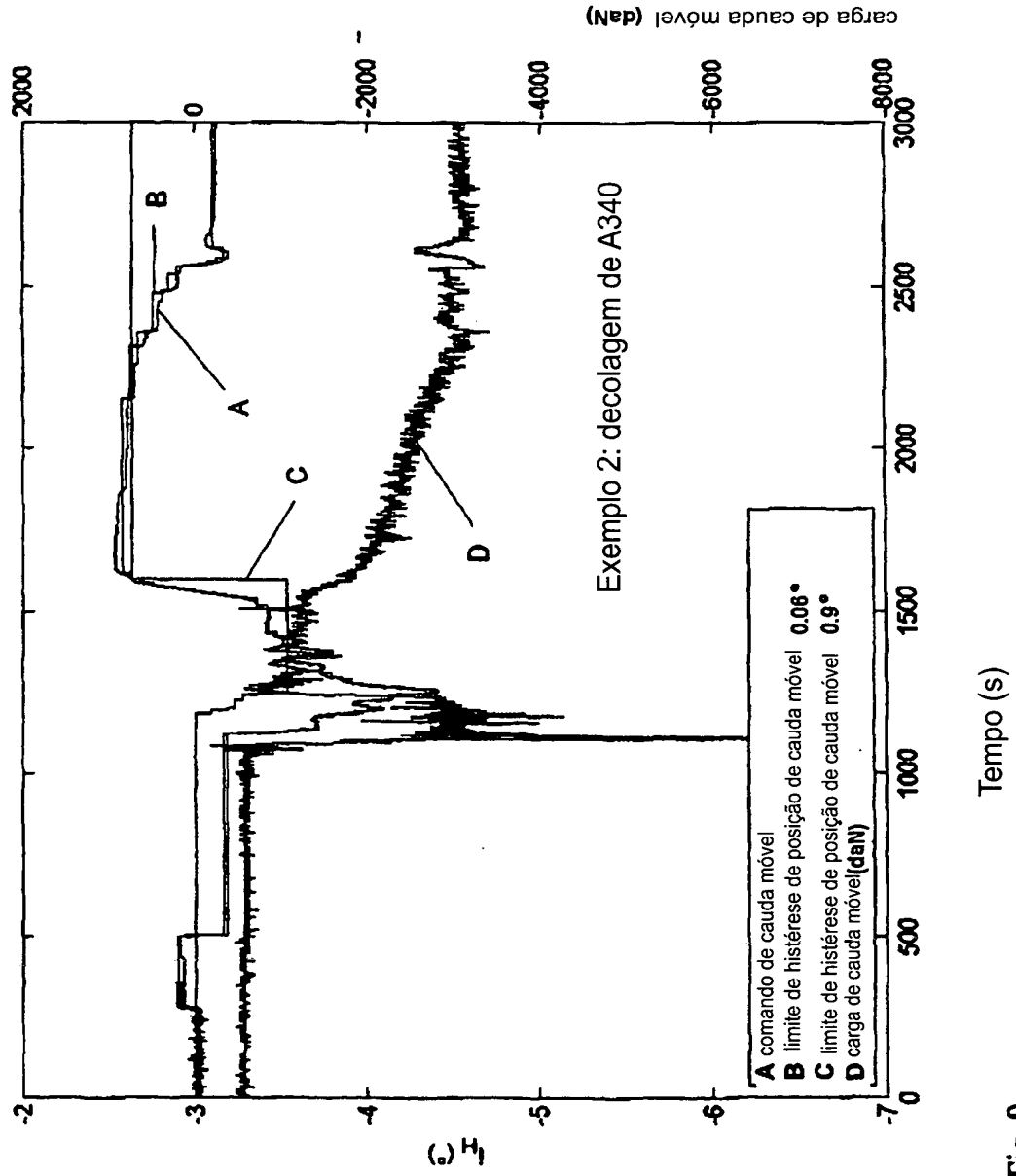


Fig. 9

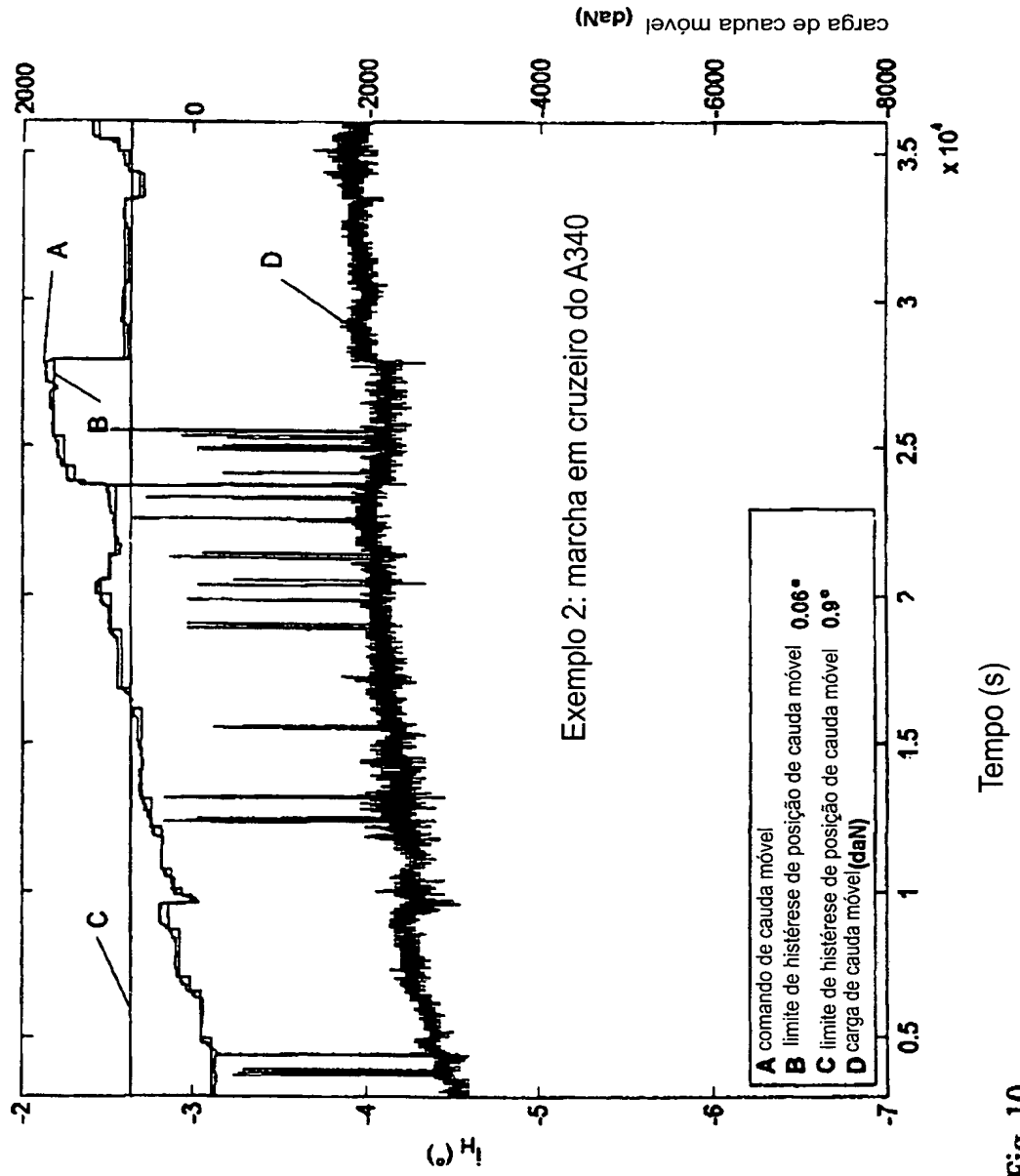


Fig. 10

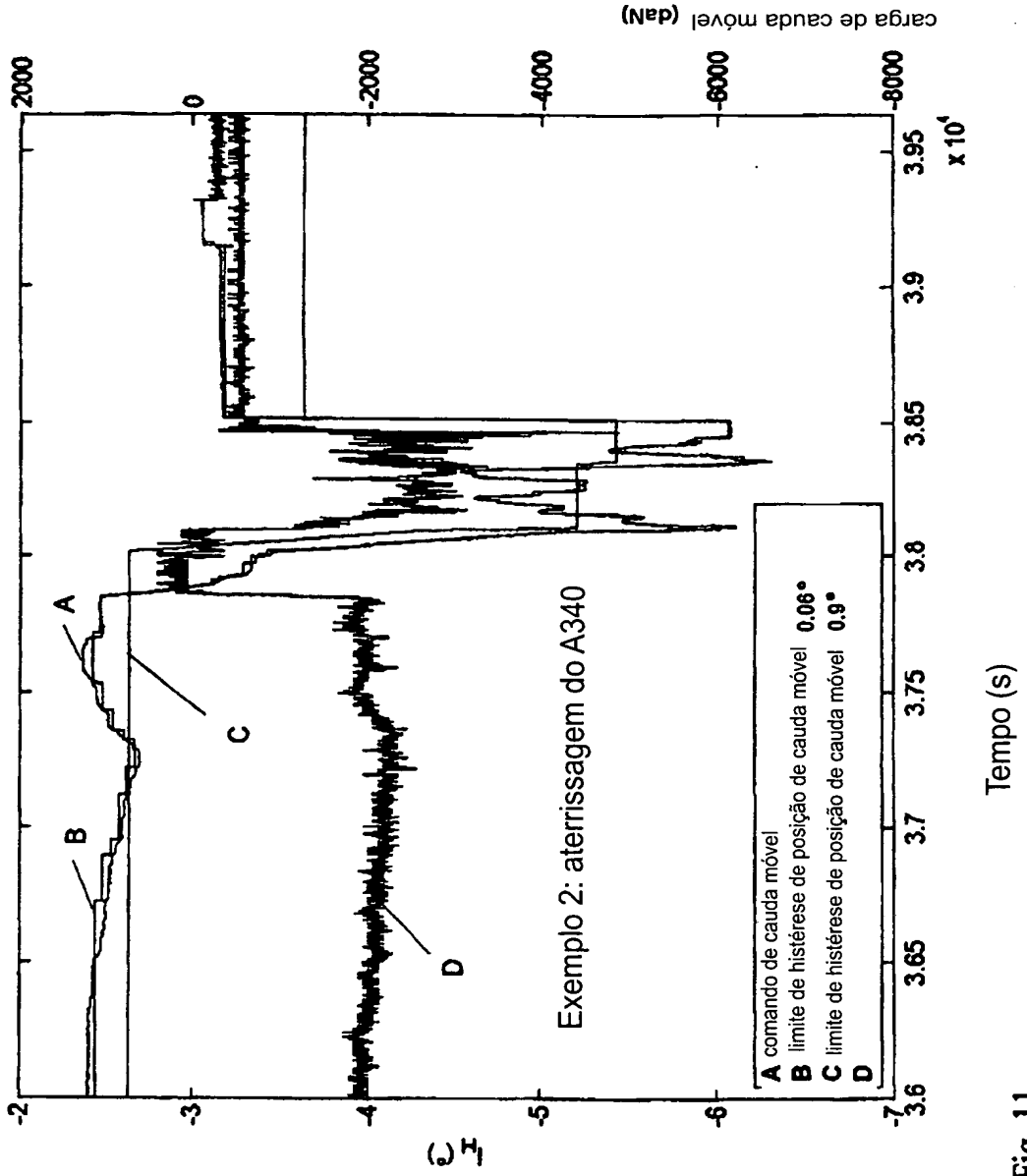


Fig. 11

RESUMO

Patente de Invenção: **"MÉTODO E DISPOSITIVO PARA CENTRAGEM AERODINÂMICA DE CAUDA MÓVEL EM UMA AERONAVE"**.

5 A invenção refere-se a um método para acionar uma transmissão de ajuste para ajustar um elevador (12), e uma transmissão de ajuste para ajustar uma cauda móvel (23), provido com as etapas de: geração de um comando de elevador para acionar a transmissão de ajuste de elevador; calcular um comando de cauda móvel (IHC1) para acionar a transmissão de ajuste de cauda móvel de tal maneira que a cauda móvel (23) é orientada para o sinal de entrada de elevador (10); dependendo dos estados de ajuste do elevador (12) e/ou da cauda móvel (23) ou dos estados de voo, mantendo o estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel ou acionando a transmissão de ajuste de cauda móvel com um comando de cauda móvel (IHCMD) para mudar o estado de ajuste da cauda móvel (23), durante acionamento da transmissão de ajuste de elevador com um comando de elevador para mudar o estado de ajuste do elevador (23) e no evento de um desvio a partir do comando de cauda móvel calculado (IHC1) e o comando de cauda móvel comandada (IHCMD), atuar sobre o comando de elevador para compensar a retenção do estado de ajuste da transmissão de ajuste de cauda móvel, e um dispositivo de controle para realizar o método.

10

15

20